

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra obrábění a montáže**

**Statistická regulace ve výrobě vyměnitelných  
břitových destiček**

**Statistical Regulation at Cutting Inserts Production**

**Student: Ptáčková Hana, DiS.**

**Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

**Ostrava 2010**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Hana Ptáčková**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: Statistická regulace ve výrobě vyměnitelných břitových destiček

### Statistical Regulation at Cutting Inserts Production

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Statistické metody v řízení jakosti.
3. Návrh SPC pro konkrétní výrobu.
4. Vyhodnocení navržené metody.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

NENADÁL, Jaroslav a kol. *Moderní systémy řízení jakosti*. Praha : Management Press Praha, 1998. 283 s. ISBN 80-85943-63-8.  
TOŠENOVSKÝ, Josef.; NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava : Montanex, 2000. 360 s. ISBN 80-7225-040-X.  
NENADÁL, Jaroslav a kol. *Metody a procesy měření v systémech managementu jakosti*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2002. 177 s. ISBN 80-248-0192-2.  
TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie - část 2. Základy řízení jakosti*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-1209-6.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



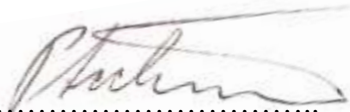
  
\_\_\_\_\_  
prof. Dr. Ing. Josef Brychta  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### ***Prohlášení studenta***

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě, 20. května 2010



.....

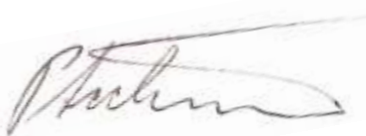
Ptáčková Hana

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB–TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB–TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB–TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu je se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím ze zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě, 20. května 2010

Hana Ptáčková  
Vančurova 15  
787 01 Šumperk



.....

### ***Poděkování***

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za jeho cenné rady. Dále bych chtěla vyslovit poděkování panu Ing. Štefanovi Švestkovi z firmy Pramet Tools s.r.o. Šumperk, který mi vždy ochotně vycházel vstříc při poskytování informací při vypracování bakalářské práce.

Ptáčková Hana

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

PTÁČKOVÁ, H. *Statistická regulace ve výrobě vyměnitelných břitových destiček*  
Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní,  
Katedra obrábění a montáže, 2010, 41 s.  
Vedoucí práce: Vrba, V.

V bakalářské práci je vypracován návrh pro zavedení statistické regulace procesu (SPC) ve výrobě vyměnitelných břitových destiček ve firmě Pramet Tools, s.r.o. V teoretické části je vysvětlena problematika základních nástrojů SPC. V kapitole č. 3 je popsán postup sběru dat. Na základě vyhodnocení způsobilosti strojního zařízení je proveden návrh pro SPC. V závěru bakalářské práce následuje krátké ekonomické zhodnocení zadaného úkolu pro konkrétní díl vyměnitelné břitové destičky typu SNMA 120408; H10.

## **THE ANNOTATION OF BACHELOR 'S WORK**

Ptáčková, H. *Statistical Regulation at Cutting Inserts Production*  
Ostrava: Machining and Assembly Department, Faculty of Machine,  
VŠB – Engineering University Ostrava, 2010, 41 pp.  
Bachelor's work, master Vrba, V.

The work is drawing up proposals for the introduction of statistical process control (SPC) in production of replaceable cutting tips in Pramet Tools Company, s.r.o. In the theoretical part, the problems of the basic tools of SPC are explained. Chapter 3 describes the data collection. Based on the assessment of machine capability a proposal for the SPC is made. At the end of this bachelor's work followed a short economic evaluation of a given task for a specific type of cutting tip SNMA 120408; H10.

## Obsah:

Seznam zkratk:	8
1 Obecná charakteristika problému	9
1.1 Téma bakalářské práce	9
1.2 Historie společnosti Pramet Tools, s.r.o.	9
1.3 Pramet Tools, s.r.o. dnes	9
1.3.1 Výzkum a vývoj	10
1.3.2 Logistika a obchod	10
2 Statistické metody v řízení procesu (SPC)	11
2.1 Úvod	11
2.2 Sedm nástrojů zabezpečování jakosti	11
2.2.1 Kontrolní formuláře a záznamy	12
2.2.2 Histogramy	15
2.2.3 Postupový diagram	17
2.2.4 Diagram příčin a následků	17
2.2.5 Paretův diagram	20
2.2.6 Bodový digram	26
2.2.7 Statistická regulace procesu	28
3 Návrh statistické regulace ve výrobě VBD	32
3.1 Metodika měření	33
3.2 $C_{mk}$ Metoda ověřování způsobilosti stroje	35
3.3 Vyhodnocení	35
3.3.1 Vyhodnocení MSA analýzy	36
3.3.2 Vyhodnocení $C_{mk}$	36
3.4 Návrh SPC	36
4 Vyhodnocení navržené metody	37
5 Technicko-ekonomické zhodnocení	38
6 Použitá literatura	40
Přílohy:	41

## Seznam zkratek:

CL	- Centrální přímka
$C_{mk}$	- Metoda ověřování způsobilosti stroje
ČSN	- České technické normy
DOE	- Technika kvality
EN	- Evropské normy
FMEA	- Analýza možného výskytu a vlivu vad
FTA	- Analýza stromu poruchových stavů
LCL	- Dolní regulační mez
MSA	- Analýza systému měření
QFD	- Dům kvality
SPC	- Statistická regulace procesu
UCL	- Horní regulační mez
VBD	- Vyměnitelná břitová destička



# **1 Obecná charakteristika problému**

## **1.1 Téma bakalářské práce**

Tato bakalářská práce je zpracovaná ve firmě Pramet Tools, s.r.o. se sídlem v Šumperku. Firma má dlouholetou historii a je celosvětově známá pro výrobu slinutých karbidů.

Cílem mé bakalářské práce je vytvořit návrh statistické regulace pro brusky WBM. Jedná se o výrobek – vyměnitelná břitová destička typu SNMA 120408; H10, kde znak kvality je sledován měřením. Znak jakosti je tloušťka výrobku.

## **1.2 Historie společnosti Pramet Tools, s.r.o.**

Výroba slinutých karbidů ve společnosti Pramet Tools vychází z tradice výroby slinutého karbidu v Československu od 30. let. V roce 1951 byla zahájena v Šumperku výroba součástí ze slinutého karbidu a také zde započala výroba řezných nástrojů osazených slinutým karbidem.

Více než 50-ti letá tradice a zkušenosti ve výrobě slinutého karbidu, stejně jako reprodukovatelná kvalita materiálů a kontinuální výzkum i vývoj umožnily firmě Pramet udržet si vedoucí pozici v daném sortimentu na tuzemském teritoriu a také získávat stále vyšší uplatnění na náročných exportních trzích [3].

## **1.3 Pramet Tools, s.r.o. dnes**

Od roku 1999 započala nová etapa společnosti Pramet Tools. Došlo k propojení s finančně silným partnerem, který zaujímá přední světovou pozici mezi výrobci obráběcích nástrojů osazených slinutým karbidem. Společnost navýšila své základní jmění na 250 mil. Kč a získané prostředky byly použity na nákup aktiv. Následně v dalším období proběhly investice již z vlastních zdrojů. Byly pořízeny nové technologie pro moderní výrobu vyměnitelných břitových destiček, došlo k přestěhování obchodního oddělení a části výroby do obnovených prostor, rozšířily se výzkumné a vývojové aktivity, proběhly optimalizace informačních systémů a

reorganizační změny, vzniklo nové oddělení logistiky a také došlo k posílení technického servisu a poradenství zákazníkům. V neposlední řadě byla rozšířena síť poboček – byly založeny pobočky v Polsku a Itálii [3].

### **1.3.1 Výzkum a vývoj**

Od roku 2000 společnost Pramet Tools díky vlastnímu vývoji a výzkumu prakticky kompletně inovovala výrobní sortiment nástrojů pro třískové obrábění, a to jak po stránce materiálové, tak po stránce nových tvarů a geometrií nástrojů, stejnou inovací prošly i materiály pro tvářecí a lisovací nářadí ze slinutých karbidů.

Nový sortiment tak dnes plně odpovídá požadavkům moderních technologických postupů obrábění a ve srovnání s původním sortimentem je zde nárůst výkonnosti o mnoho desítek procent [3].

### **1.3.2 Logistika a obchod**

Zavádění logistických systémů, komplexní reorganizace dopravy a řízení skladů umožnilo plnit požadavky zákazníků na dodávky zboží v nejkratší možné době. Firma je schopna dodat skladový sortiment do 24 hodin v tuzemsku, resp. do 48 hodin v zahraničí, kde má své pobočky.

Společnost Pramet Tools prodává v tuzemsku své výrobky prostřednictvím vlastních regionálních prodejců, kteří poskytují současně technický servis, a administrativního oddělení prodeje. Dále prodává své výrobky v ČR prostřednictvím smluvních distributorů. Zahraničním zákazníkům na Slovensku, do Polska, Německa a Itálie dodává společnost Pramet Tools své výrobky prostřednictvím poboček, do dalších zemí dodává své výrobky exportním oddělením prodeje nebo prostřednictvím smluvních prodejců [3].

## **2 Statistické metody v řízení procesu (SPC)**

### **2.1 Úvod**

Stoupající požadavky na jakost výrobků a tlak na snížení výrobních nákladů vede v posledních letech ke značným změnám v přípravě výroby a v zabezpečení jakosti ve výrobním procesu.

První statistická kontrola procesů byla propagována Waltrem A. Shewhartem v roce 1924. W. E. Deming později použil statistické metody ve Spojených státech ve druhé světové válce a tím úspěšně zlepšil kvalitu při výrobě střeliva a dalších strategicky důležitých produktů. W. E. Deming byl také pomocný při zavádění metod SPC do japonského průmyslu po skončení války [1], [8].

### **2.2 Sedm nástrojů zabezpečování jakosti**

Součástí komplexního systému řízení jakosti je tzv. „seven tools“ řízení a zdokonalování jakosti, rozvinul je zejména K. Ishikawa a E. Deming (40. a 50. léta).

Jedním z rozhodujících požadavků na budování systému řízení jakosti dle normy ČSN EN ISO 9001 je identifikace příčin snižující jakost produktů, jejich odstranění a vytvoření podmínek pro to, aby se jejich vliv minimalizoval nebo už vůbec neprojevoval. To vyžaduje vytvoření takových podmínek, aby bylo kromě jiného také možno jednoznačně dojít zpětně k prvotřídní příčině odchylky od požadované úrovně jakosti a vyvodit z toho potřebné aktivity [1], [8].

Variabilita:

- náhodné vlivy (chvění stroje, kolísání teplot, ...)
- identifikovatelné vlivy (zalomení nože, nástup nového pracovníka, ...)

Základní prostředky analýzy variability procesu:

- 1) kontrolní formuláře a záznamy
- 2) histogramy
- 3) postupové (vývojové) diagramy

- 4) Paterova analýza
- 5) bodové diagramy
- 6) regulační diagramy

Kromě těchto základních nástrojů se postupně zavádějí do praxe novější náročnější metody zabezpečování jakosti: QFD, FMEA, FTA, DOE, ...

### 2.2.1 Kontrolní formuláře a záznamy

Je potřeba dodržovat tyto zásady:

- 1) princip stratifikace = rozdělení skupin dat do několika stejnorodých podskupin  
(např. u každého dělníka zvlášť)
- 2) minimalizovat chyby základních prvků kontrolního systému
- 3) správná volba záznamu dat při prvotním sběru (zabrání jejich zbytečnému přepisování)

#### a) Kontrolní tabulka výskytu závad

Vždy při identifikaci vadného výrobku určuje kontrolor typ závady a zaznamená je čárkou do kolonky příslušné závady. Na konci dne lze pak ihned získat celkový počet závad a jejich struktur.

Kontrolní tabulka výskytu závad		
Výrobek		Datum
Výrobní fáze: výst. kontrola		Oddělení:
Druhy závady:		Jméno kontrolora:
Celk. počet kontrol. v. : x		Č. dávky:
Pozn.: 100% kontrola		Č. objednávky:
Druh	záznam	mezivýpočty
povrchové vady	/// /// /// //	17
praskliny	/// /// /	11
nedokončeno	/// /// /// /// /// /	26
deformace	///	3
	závad celkem	62
celkový počet chyb	/// /// /// /// /// /// /// /// //	42

Obr. 1 Kontrolní tabulka výskytu závad [1]

## b) Kontrolní tabulka závad

Zde je zaznamenávána i poloha závady na výrobku, což umožňuje velmi rychle odhalit příčinu závady, neboť umožní identifikovat fázi či operaci, při které mohla závada vzniknout.

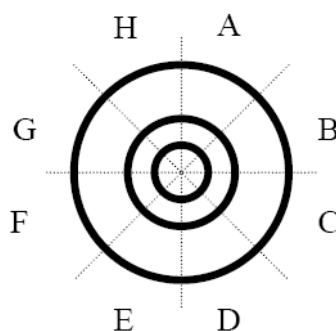
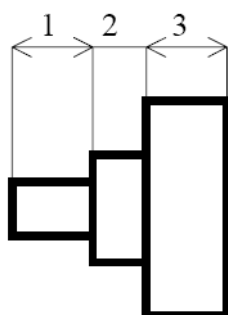
### Tabulka lokalizace závad

číslo a název výrobku:

Materiál:

Kontrolor:

#### 1. Náčrtek



#### 2. Matice lokalizace závad

	1	2	3	, , , , ,10
A			/	# 1
B				
C				
D				
E	///		/// /	##### 9
F	/	//		## 3
G				
H				
- - - - 10	# # 4	# 2	# # # 7	13

Obr. 2 Kontrolní tabulka lokalizace závad [1]

### c) Kontrolní tabulka příčin závad

Zde je uplatněn princip stratifikace, tabulka je vertikálně členěna do výrobních faktorů (zařízení) a horizontálně dle faktoru času. V políčkách tabulky se různými symboly zaznamenávají typy závad. (Slouží pro hlubší analýzu pomocí stratifikace či korelačních diagramů).

Zaří- zení	dělník	Po		Út		St		Čt		Pá		So	
		r	o	r	o	r	o	r	o	r	o	r	o
stroj 1	A	✱ ⊙ ✧ ⊕	✱ ○ ✧ ⊕	○ ⊙ ✧ ⊕	✱ ⊕	✱ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ✱ ⊕	⊕ ⊙ ✧ ⊕	✱ ○ ⊕	✱ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ⊕	⊙
	B	✱ ⊙ ✧ ⊕	○ ✧ ⊕	✱ ⊙ ✧ ⊕	⊙	✱ ✱ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ✧ ⊕	✱ ⊕	⊕ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	○ ✧ ⊕	✱ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	○ ⊙ ✧ ⊕	✱ ✧ ⊕
stroj 2	C	⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	○ ✧ ⊕	✱ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	○ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊕ ⊙ ✧ ⊕	○ ⊙ ✧ ⊕	
	D	○ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ○ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ⊙ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	⊙ ⊙ ✧ ⊕	✱ ○ ⊕	⊙ ✧ ⊕	✱ ⊙ ⊙ ⊙ ✧ ⊕	○ ✧ ⊕

✱: povrchové závady ○: špatný tvar ⊙: vměstky ✧: závady dokončovací ⊕: jiné

Obr. 3 Kontrolní tabulka příčin závad [1]

### d) Kontrolní tabulka rozdělení procesu

Je to užitečný nástroj pro rychlé získávání histogramů, umožňuje třídění dat přímo při sběru dat. Při každém měření se do příslušné kolonky zapíše křížek. Po ukončení obdržíme hotový histogram přímo ve formuláři a ihned může následovat jeho analýza.

	Odchylka	záznamy																četnost
		5				10				15				20				
	-10																	
	-9																	
tolerance	-8																	
	-7																	
	-6																	
	-5	X																1
	-4	X	X															2
	-3	X	X	X														4
	-2	X	X	X	X													6
	-1	X	X	X	X	X												9
8,300	0	X	X	X	X	X	X											11
	1	X	X	X	X	X	X	X										8
	2	X	X	X	X	X	X	X										7
	3	X	X	X	X	X	X	X										3
	4	X	X	X	X	X	X	X										2
	5	X	X	X	X	X	X	X										1
	6	X	X	X	X	X	X	X										1
	7																	
tolerance	8																	
	9																	
	10																	
celkem																		55

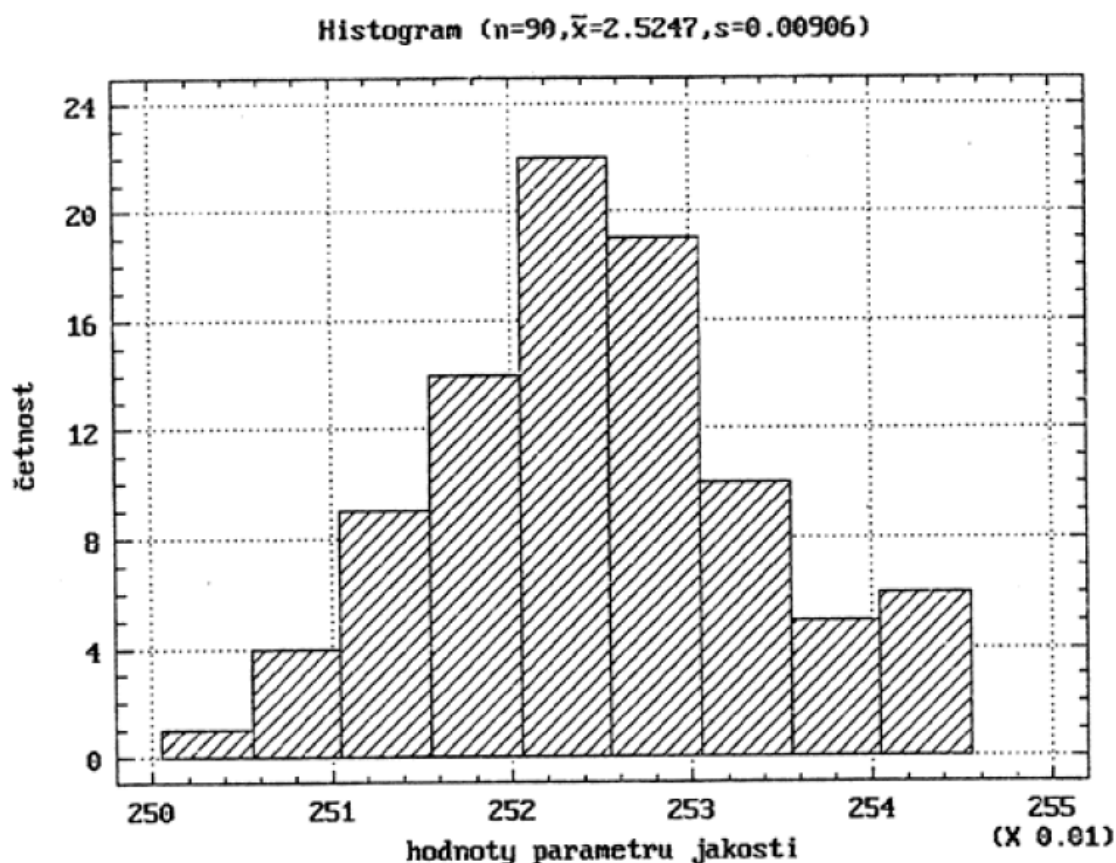
Obr. 4 Kontrolní tabulka rozdělení procesu [1]

#### e) Kontrolní diagram

Jde o formuláře, které graficky zobrazují trendy dat (např. závislosti teploty pájení na čase). Formuláře tohoto typu umožňují operátorovy zaznamenávat hodnoty znaku jakosti či parametru a provádět ihned analýzu trendu dat.

### 2.2.2 Histogramy

Histogram představuje grafické znázornění intervalového rozdělení četnosti. Tvar histogramu odpovídá jeho statistickým charakteristikám a lze podle něj identifikovat možné systematické příčiny variability procesu.



Obr. 5 Histogram [1]

Postup sestrojování histogramu se provádí v těchto krocích:

1. Vypočteme rozpětí souboru R:  $R = x_{\max} - x_{\min}$  (rozdíl max. a min. naměřené hodnoty)
2. Stanovíme šíři vnitřního intervalu h:
3. Sestavíme tabulku četností
4. Stanovíme hranice intervalů
5. Stanovíme středy intervalů
6. Naměřené hodnoty zapisujeme do tabulky četností čárkovací metodou
7. Sestrojíme vlastní histogram

Dále se stanoví průměr a směrodatná odchylka a analyzuje se tvar histogramu.



### 2.2.3 Postupový diagram

Postupový diagram je základním nástrojem zdokonalování procesu. Pomáhá odhalit a pochopit, jak proces funguje. Základním posláním využívání těchto diagramů je, aby lidé zúčastnění v daném procesu komunikovali jednotnou terminologií a ve zcela jasných vztazích. Lidé pak lépe chápou své místo v procesu ve vztahu k činnostem předcházejícím a následujícím.

Postupový diagram může být důležitou pomůckou při budování systému zabezpečování jakosti dle norem ČSN EN ISO řady 9000. Při sestavování postupového diagramu se pracuje v týmu. Pro správnou tvorbu je velmi důležitá volba otázek [1].

Základními jsou dotazy typu:

- co se stalo nejdříve ?
- co má následovat ?

dále

- odkud materiál pochází ?
- jak přichází do procesu ?
- co se děje rozhodne-li se ANO ?
- co se děje rozhodne-li se NE ?
- kdo rozhoduje ? apod.

### 2.2.4 Diagram příčin a následků

Dle svého tvůrce je rovněž nazýván Ishikawův diagram nebo diagram rybí kosti. Svou povahou je tento nástroj předurčen pro týmovou práci. Je snadno pochopitelný a proto je použitelný na všech úrovních řízení. Lze jej všude okamžitě uplatnit při řešení všech potenciálních problémů. Při aplikaci na oblast řízení jakosti lze diagram příčin a následků pojímat jako metodu variability procesu.

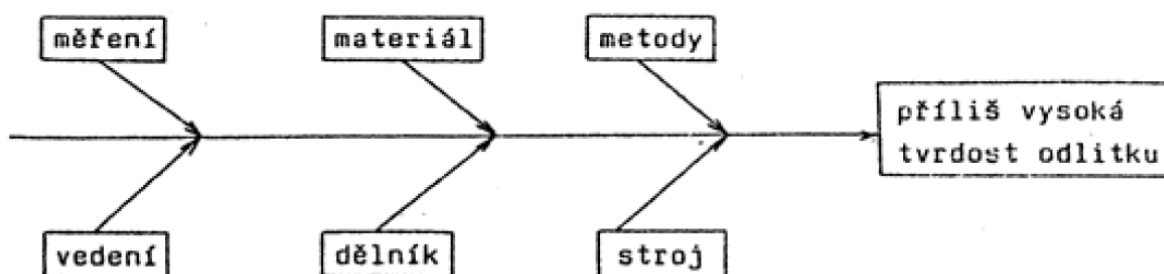
V praxi se používají tři skupiny diagramů příčin a následků:

1. pro analýzu variability procesu
2. pro klasifikaci procesu
3. pro vyšetřování příčin

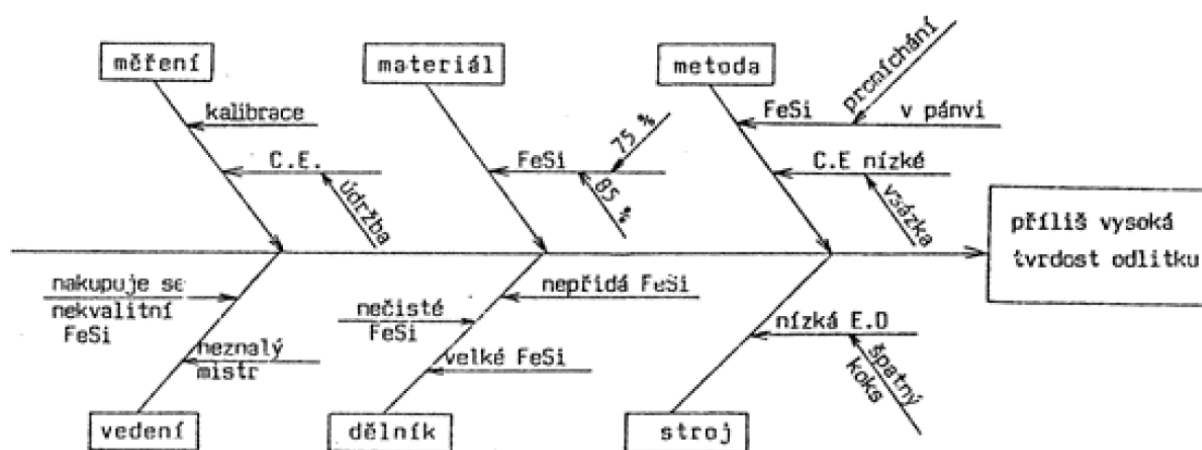
- ad. 1) Tento typ je v praxi nejpoužívanější. Postup při jeho konstrukci je následující:
- Definujeme problém, který chceme analyzovat a odstranit. Napíše se na velký arch papíru jako následek („hlava ryby“) a zleva vedeme do středu obdélníku centrální čáru.
  - Tým definuje hlavní příčiny následku. Hlavní příčiny se nakreslí do diagramu na vedlejší větve („kosti“). Je-li definování hlavních příčin obtížné, lze použít jako hlavní příčiny všeobecné skupiny příčin variability procesu (postupy, výrobní zařízení, lidé, měření, materiál, prostředí). Tyto všeobecné skupiny příčin pak dále usnadní definování veškerých subpříčin.
  - Tým formou brainstormingu určí všechny možné subpříčiny ve vztahu k hlavním příčinám. Při definování subpříčin se hledá odpověď na otázky typu: „Co je podstatou každé hlavní příčiny, co by mohlo ke každé hlavní příčině přispět?“ Po definování této úrovně subpříčin se pokračuje stejným způsobem při hledání příčin těchto subpříčin. Takto se pokračuje tak dlouho, dokud není nalezena nejnižší úroveň možných příčin (tzv. elementárních příčin) [1].



Obr. 6 Základní část diagramu příčin a následků [1]



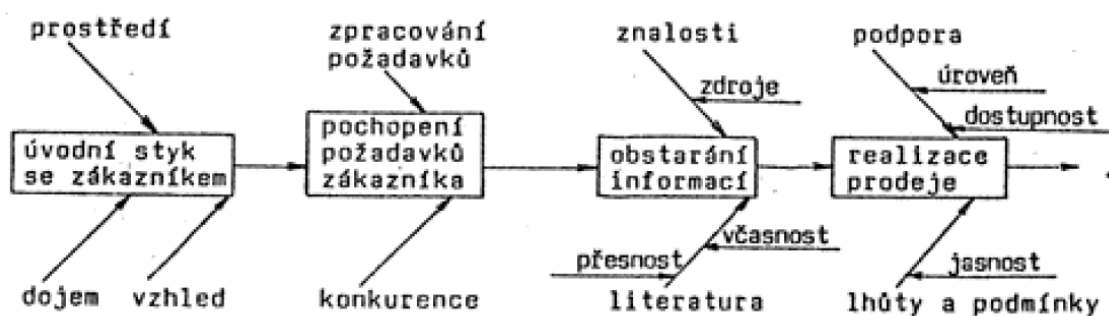
Obr. 7 Zakreslení všeobecných skupin příčin [1]



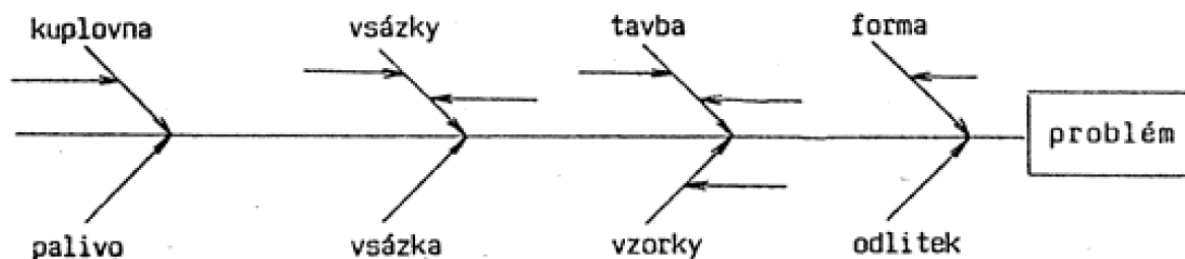
Obr. 8 Výsledný diagram příčin a následků [1]

ad. 2) Tento diagram slouží k hlubšímu poznání průběhu procesu, který chceme zdokonalovat. Přitom se odhalí faktory, které ovlivňují jakost v každé dílčí operaci. Při konstrukci tohoto diagramu postupujeme ve dvou krocích:

- určíme proces a popíšeme jej pomocí postupového diagramu.
- Pro každý elementární prvek procesu (provoz, operaci, ...) definujeme pomocí brainstormingu příčiny a jejich subpříčiny. Struktura diagramu je shodná s diagramem pro analýzu variability procesu. Místo hlavních skupin příčin však na vedlejších větvích zobrazujeme prvky procesu (provozy, materiál, ...) a na dalších úrovních větví zobrazujeme faktory ovlivňující jakost u těchto prvků procesu.



Obr. 9 Diagram klasifikace procesu [1]



Obr. 10 Jiná forma diagramu klasifikace procesu [1]

### 2.2.5 Paretův diagram

Je to jeden z nejefektivnějších běžně dostupných a snadno aplikovatelných rozhodovacích nástrojů. Umožňuje oddělit podstatné faktory od méně podstatných a ukázat, kam zaměřit úsilí při odstraňování nedostatků v procesu zabezpečování jakosti.

Paretův princip poprvé použil v oblasti zabezpečování jakosti americký odborník J.M. Juran. Dokázal, že většina následků (tzn. problémů s jakostí) je způsobena malým počtem příčin (5-20 %). Tyto vady nazval „životně důležitou menšinou“. Na tyto příčiny je potřeba v analýze procesu klást největší důraz, analyzovat je do hloubky a odstranit či minimalizovat jejich působení.

Ostatní příčiny (80-95 %) nazval zprvu „triviální většinou“, později „užitečnou většinou“. Paterovu analýzu lze úspěšně využít jak při vyhledávání a definování nejpodstatnějších problémů (následků), tak při stanovení „životně důležité menšiny“ příčin, které způsobují předem definovaný, již odhalený problém.

V tomto případě se Paterova analýza nejčastěji provádí po sestavení diagramu příčin a následků vybraným týmem odborníků, který zároveň povede kvantifikaci problému. Kvantifikace problému se dá provést dvojím způsobem:

- 1) Při dostatečně početném týmu odborníků postačí, když každý vybere jednu příčinu z diagramu příčin a následků, kterou považuje za hlavní.

- 2) Každý člen týmu obdrží určitý počet bodů a ty rozdělí podle předem domluvených pravidel (které určují např. maximální počet bodů, které může přiřadit jedné příčině) mezi příčiny, které sám vybere [1].

Postup Paretovy analýzy bude předveden na následujícím příkladě:

Příklad:

Je třeba zjistit a analyzovat rozhodující příčiny způsobující vysoký výskyt neshodných jednotek (vadných výrobků) při výrobě kondenzátorů. Za tímto účelem byl proveden během 15 dnů podrobnější záznam vad při jejich výrobě. Kontrolovalo se 15 000 kondenzátorů, z toho bylo 958 neshodných, tj. 6,39 %. Výsledky kontroly uspořádané dle jednotlivých druhů vad jsou uvedeny v tabulce č. 1.

**Tabulka č. 1 Vstupní údaje pro Paretovu analýzu [1]**

Číslo dávky	datum 3/94	PKV*	rýhy	FZ*	ulomené vývody	FZ*	bublíny	FZ*	jiné	FZ*
2014	1	1000	22	2580	36	4800	6	600	3	180
2026	2	1000	23	2640	39	5100	3	300	2	90
2013	3	1000	30	3000	41	5430	8	720	4	210
2032	4	1000	18	2370	37	4920	14	1050	5	270
2030	5	1000	20	2430	28	4380	15	1140	3	180
2028	6	1000	21	2490	39	5100	10	840	6	300
2040	7	1000	19	2400	33	4560	9	750	2	90
2011	8	1000	12	1980	29	4500	5	540	7	360
2010	9	1000	14	2070	31	4470	8	720	6	300
2015	10	1000	16	2220	30	4440	7	660	9	480
2022	11	1000	12	1980	22	4080	4	480	5	270
2021	12	1000	13	2040	27	4350	11	810	2	90
2024	13	1000	21	2490	35	4740	13	930	1	30
2023	14	1000	22	2580	29	4500	10	780	6	300
2018	15	1000	19	2400	23	4140	6	600	7	360
celkem		15000	282	35670	479	69420	129	10920	68	3510

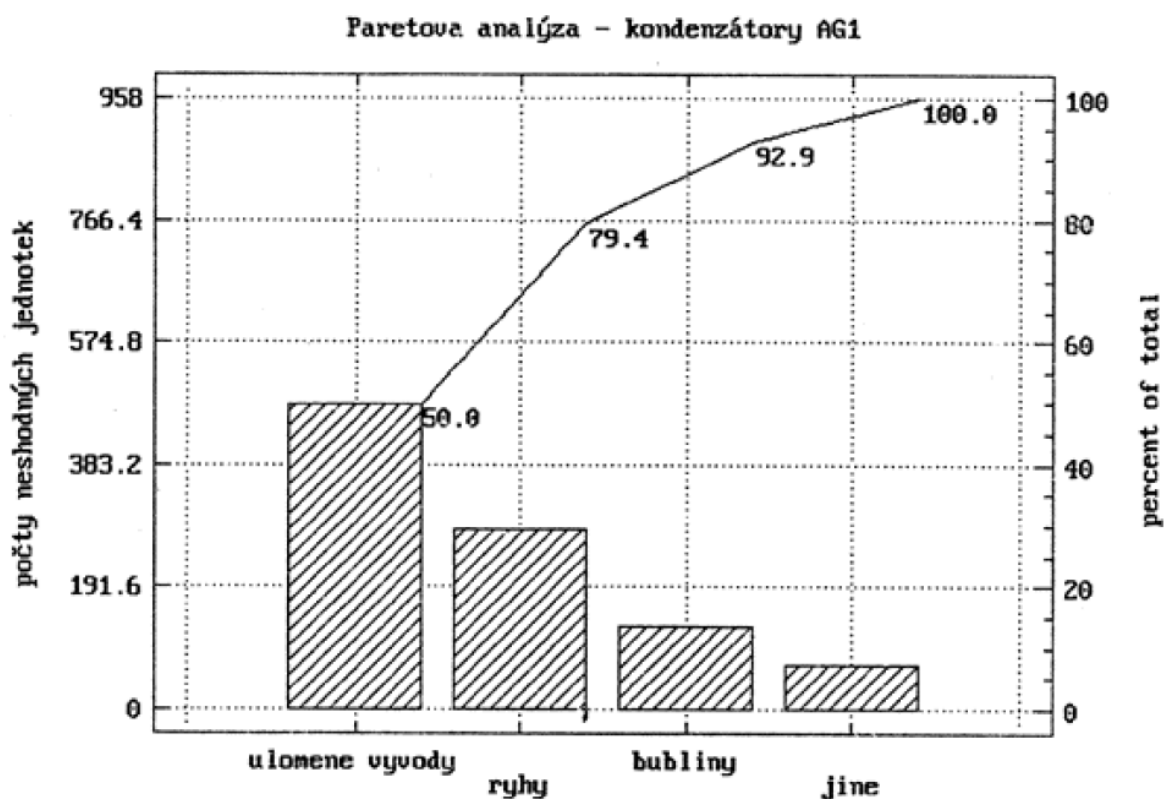
\* PKV - počet kontrolovaných výrobků

FZ - finanční ztráty

**Tabulka č. 2**                      **Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu pro ukazatel četnosti neshod [1]**

druhy neshod	označení neshody	četnost neshody	kumulovaná četnost	relativní kumulovaná četnost (v %)
ulomené vývody	A	479	479	50
rýhy	B	282	761	79
bublíny	C	129	890	93
jiné *	D	68	958	100
Σ		958	-	-

\* ostatní příčiny se vždy uvádějí v posledním řádku bez ohledu na četnost



Obr. 11                      Paretův diagram pro ukazatel četnosti jednotlivých druhů neshod [1]

Postup při Paretově analýze je následující:

- 1) Setřídíme údaje sestupně dle hodnot zvoleného ukazatele (např. počtu vad jednotlivých druhů, dle výše nákladů spojených s jednotlivými druhy vad, dle počtu bodů přiřazených experty v brainstormingu jednotlivým příčinám neshod, ...). V našem příkladu setřídíme údaje podle četnosti jednotlivých druhů vad (viz. tabulka č. 2).
- 2) Vypočteme kumulativní součty hodnot ukazatele (četnosti vad) a dále tyto součty vyjádříme v procentech (viz. tabulka č. 2).

3) Sestrojíme Paretův diagram (viz. obrázek 11).

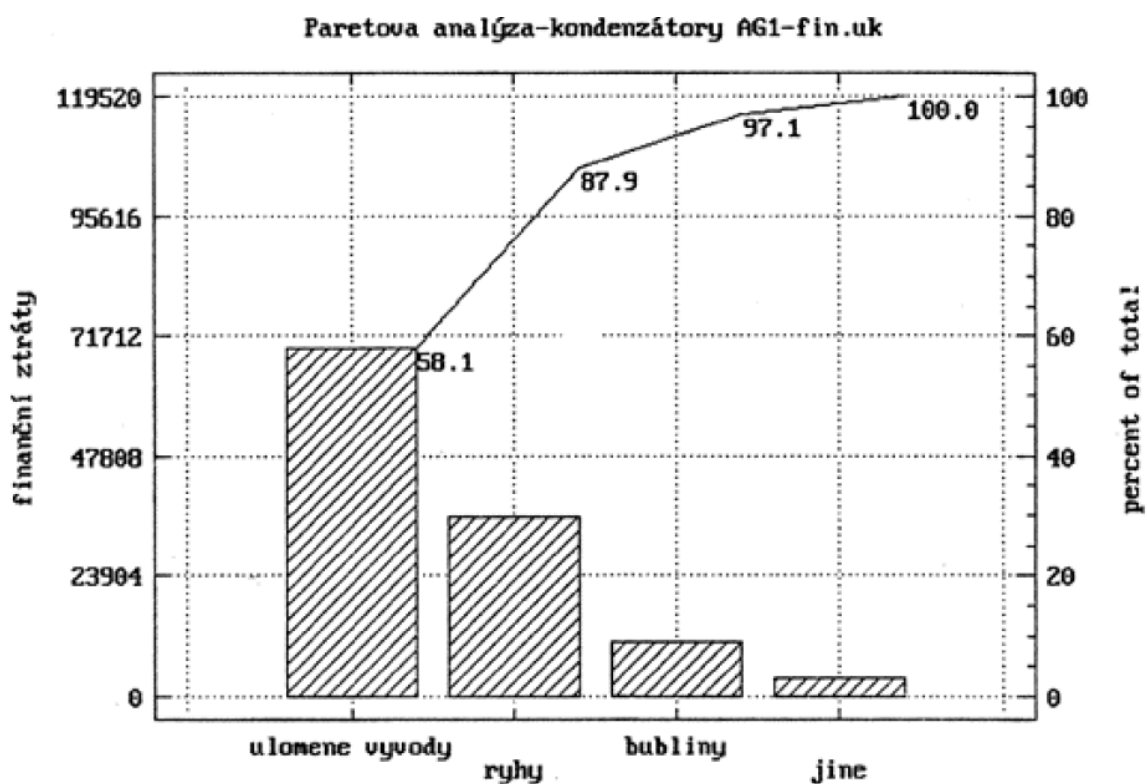
- osu x rozdělíme na stejné intervaly tak, že jejich počet odpovídá počtu druhů neshod vč. jiných (D)
- levou vertikální osu označíme stupnicí od 0 do 958 (tj. počet odhalených neshod)
- na pravé vertikální ose vyznačíme stupnici relativních kumulovaných součtů od 0 % do 100 %
- sestrojíme sloupcový graf (1 sloupec = 1 druh vady, výše sloupce odpovídá četnosti danému druhu neshody)
- sestrojíme křivku kumulovaných četností v procentním vyjádření (tzv. Lorenzovu křivku), která je spojnici bodů, jejichž souřadnice odpovídají hodnotě pravé hranici intervalu a hodnotě kumulované četnosti v procentech odpovídající danému intervalu (danému druhu neshody)

- 4) Na základě volby kritéria pro výběr „životně důležité menšiny“ neshod stanovíme, na které neshody (obecně příčiny neodpovídající jakosti) je třeba zaměřit pozornost a provést jejich hlubší analýzu s cílem snížit počet neshodných výrobků. Volba kritéria se řídí zejména účelem analýzy a možnostmi (finančními, technickými, personálními, ...) realizace nápravných potřeb. Pro prvotní orientaci postačí kritérium 50 %. Hranicí mezi „životně důležitou menšinou“ a „užitečnou většinou“ příčin je 50 %-ní podíl kumulovaných součtů sestupně seřazených hodnot ukazatele. Aplikujeme-li toto kritérium v našem příkladě na ukázat četnosti jednotlivých druhů neshod na kondenzátorech, zaměříme dále pozornost pouze na příčinu A – ulomené vývody. Chcete-li provést analýzu pečlivěji a jsme schopni zaměřit své síly na více příčin, volíme tzv. *kritérium průměrné hodnoty* zvoleného ukazatele (v našem případě jde o průměrný počet neshod na jeden druh neshody). Hranici „životně důležité menšiny“ stanovíme v tomto případě tak, že postupně porovnáváme hodnotu zvoleného ukazatele u jednotlivých příčin s průměrnou hodnotou tohoto ukazatele. Příčina, kde je hodnota daného ukazatele menší než průměrná hodnota, již patří do „užitečné většiny“ a není tudíž zahrnuta do hlubší analýzy rovněž jako všechny příčiny po ní následující. Na Lorenzově křivce se hledaná hranice mezi „životně důležitým minimem“ a

„užitečnou většinou“ projeví tím, že křivka se po jejím překonání začíná více ohýbat. Při použití tohoto kritéria v našem případě bychom došli k těmto výsledkům:

**Tabulka č. 3     Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu pro ukazatel finančních ztrát [1]**

druhy neshod	označení neshody	FZ ( v Kč)	kumulované FZ	relativní kumulované FZ (v %)
ulomené vývody	A	69 420	69 420	58
rýhy	B	35 670	105 090	88
bublíny	C	10 920	116 010	97
jiné *	D	3 510	119 520	100
Σ		119 520	-	-



Obr. 12                      Paretův diagram pro ukazatel finanční ztráty spojené s jednotlivými druhy neshod [1]



- Průměrný počet neshod na jeden druh neshody:  $958/4 = 239,5$

1. druh neshody:  $479 > 239,5$
2. druh neshody:  $282 > 239,5$
3. druh neshody:  $129 < 239,5$
4. druh neshody:  $68 < 239,5$

U 3. druhu neshody je již četnost výskytu neshody menší než průměrná hodnota. Proto bychom další analýzu procesu výroby kondenzátorů zaměřili na neshody A a B.

Chceme-li prezentovat problém vrcholovému vedení, je vhodnější použít finanční ukazatel, pokud jej však lze objektivně stanovit. V našem případě by šlo o finanční ztráty spojené s jednotlivými druhy neshod.

Stanovení „životně důležitého minima“ neshod dle ukazatele finanční ztráty pomocí kritéria průměrné hodnoty vypadá následovně:

- Průměrný počet neshod na jeden druh neshody:  $958/4 = 239,5$

1. druh neshody:  $69.420 > 29.880$
2. druh neshody:  $35.670 > 29.880$
3. druh neshody:  $10.920 < 29.880$
4. druh neshody:  $3.510 < 29.880$

U 3. druhu neshody je již hodnota finanční ztráty menší než hodnota průměrná. Proto bychom další analýzu procesu výroby kondenzátorů z hlediska finančních ztrát zaměřili na neshody A a B [1].

### 2.2.6 Bodový digram

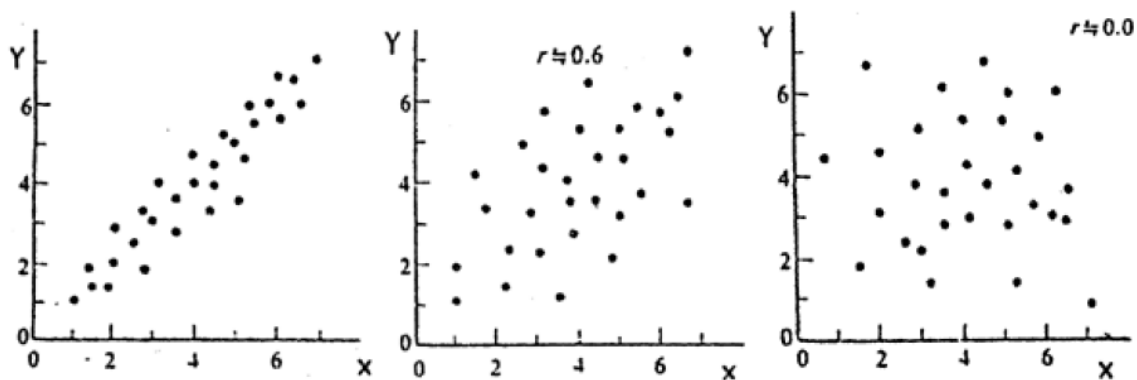
Používá se pro nalezení korelace (stochastické závislosti) např. mezi dvěma znaky jakosti. Jestliže je nalezena, je potřeba následně najít vhodnou regresivní funkci a pomocí ní a hodnot znaku jakosti, který jsme schopni rychle a levně zjistit, stanovit hodnoty požadovaného parametru jakosti. Podmínkou je tedy existence stochastické závislosti mezi požadovaným a rychle či levně zjistitelným znakem jakosti. Lze použít např. při hledání závislosti mezi destruktivní a nedestruktivní zkouškou materiálu apod. [8].

Bodový diagram poskytne prvotní informace o existenci stochastické závislosti a jejím tvaru. Při jeho konstrukci postupujeme následovně:

1. Zvolíme nezávislou proměnou  $X$  a závislou proměnou  $Y$  (např. méně nákladnou a méně přesnou metodu a metodu přesnější a nákladnější).
2. Provedeme měření minimálně 30 dvojic hodnot závislé a nezávislé proměnné ( $X_i, Y_i$ ) a zaznamenejme je do tabulky (dvojice naměřených hodnot ( $X_i, Y_i$ ) představují dvou rozměrný náhodný výběr rozsahu  $n \geq 30$ ).
3. Z naměřených hodnot sestavíme bodový diagram tak, že dvojice hodnot ( $X_i, Y_i$ ) znázorníme v pravoúhlé souřadnicové soustavě ( $X, Y$ ). Každá dvojice ( $X_i, Y_i$ ) je zobrazena bodem o souřadnicích [ $X_i, Y_i$ ].
4. Provedeme analýzu bodového digramu.

Základní typy stochastických závislostí jsou na obr. 13

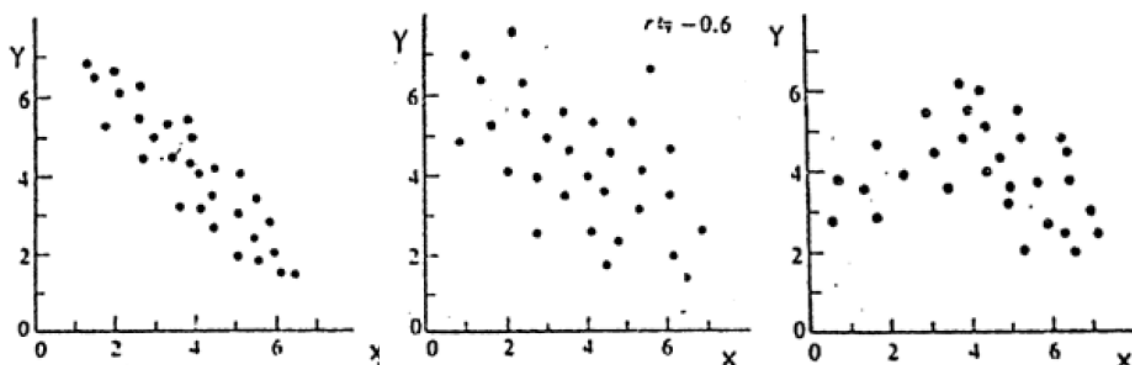
- obr. 13-a a 13-b přímá lineární stochastická závislost
- (obr. 13-a silná (těsná) korelace – body jsou málo rozptýleny)
- obr. 13-d a 13-e nepřímá lineární závislost
- obr. 13-f nelineární stochastická závislost
- obr. 13-c bez stochastické závislosti – body rozptýleny pro celé ploše diagramu



Obr. 13 - a

Obr. 13 - b

Obr. 13 - c



Obr. 13 - d

Obr. 13 - e

Obr. 13 - f

Obr. 13 Základní typy stochastických závislostí [1], [8]

Abychom upřesnili získanou informaci z bodového diagramu, provedeme kvantifikaci:

1. Určíme koeficient korelace  $r$ , pro který platí:  $-1 \leq r \leq 1$

$r = -1$  nebo  $r = 1$  ... funkční závislost

Blíží se  $r$  hodnotě  $-1$  ... velmi silná nepřímá závislost

Blíží se  $r$  hodnotě  $1$  ... velmi silná přímá závislost

Blíží se  $r$  hodnotě  $0$  ... velmi silná nepřímá závislost

$r = 0$  ... buď není korelace, nebo zde může být i silná nelineární závislost

Postup měření těsnosti stochastické závislosti se nazývá korelační analýza.

2. K popisu průběhu těsnosti stochastické závislosti použijeme tzv. regresivní funkci.

Celý proces analýzy stochastické závislosti se nazývá regresní analýza [1].

### **2.2.7 Statistická regulace procesu**

Statistická regulace procesu představuje preventivní přístup k řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování odchylek průběhu procesu od předem stanovené úrovně umožňuje zásahy do procesu s cílem udržovat jej na stabilní úrovni (tzn. že je také stabilně dosahováno požadované úrovně jakosti). Obecně je regulace realizována pravidelnou kontrolou regulované výstupní veličiny, při níž zjišťujeme, zda regulovaná veličina (znak jakosti či parametr procesu) odpovídá požadované úrovni. Další fáze regulace je udržování regulované výstupní veličiny na požadované a stabilní úrovni. Při statické regulaci procesu je cílem nastolení a udržování procesu na přípustné a stabilní úrovni tak, aby byla zajištěna shoda znaků jakosti produktu s požadavky specifikovanými zákazníkem. Pro dosažení tohoto úkolu jsou použity statistické metody.

Prvotním cílem statistické regulace je minimalizace počtu neshodných jednotek, popř. počtu neshod (vadných výrobků a vad).

Dosahování a udržování procesu na požadované a stabilní úrovni jakosti je podmíněno důslednou analýzou chování procesu, při níž je třeba odhalit, jak proces funguje, jaké jsou jeho nedostatky a jejich příčiny, zda se opakují, na co mají vliv v procesu.

Statistická regulace procesu poskytuje informace pro operativní a včasné zásahy do procesu [1], [4].

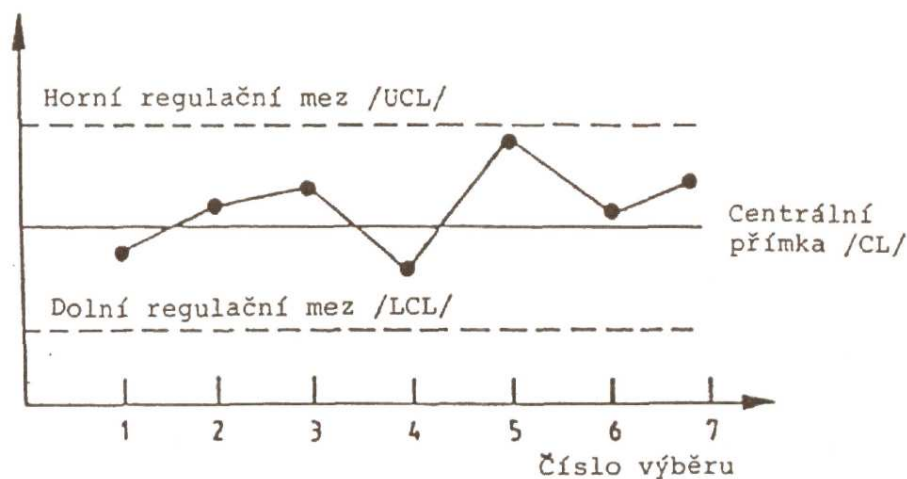
#### **2.2.7.1 Statistické regulační diagramy**

Hlavní statistický nástroj pro řízení procesu měřením je regulační diagram. Je to grafická metoda znázornění a porovnání informací založených na postupnosti výběrů. Metoda regulačních diagramů pomáhá zhodnotit, zda je proces měření ve statisticky zvládnutelném stavu, tj. stabilní na specifikované úrovni.

Shewhartovy regulační diagramy pracují s údaji získanými z měření na kontrolním etalonu v přibližně pravidelných intervalech. Takto se vytvoří podskupiny údajů.

Z nich se pro každou podskupinu vypočítají určité charakteristiky, nejčastěji průměr  $\bar{X}$  a rozpětí  $R$ .

Shewhartův regulační diagram vznikne, tak že se znázorní centrální přímka (CL). Je rovnoběžná s osou x ve vzdálenosti referenční hodnoty znázorňované charakteristiky ( $\bar{X}$  nebo  $R$ ) [2], [6].

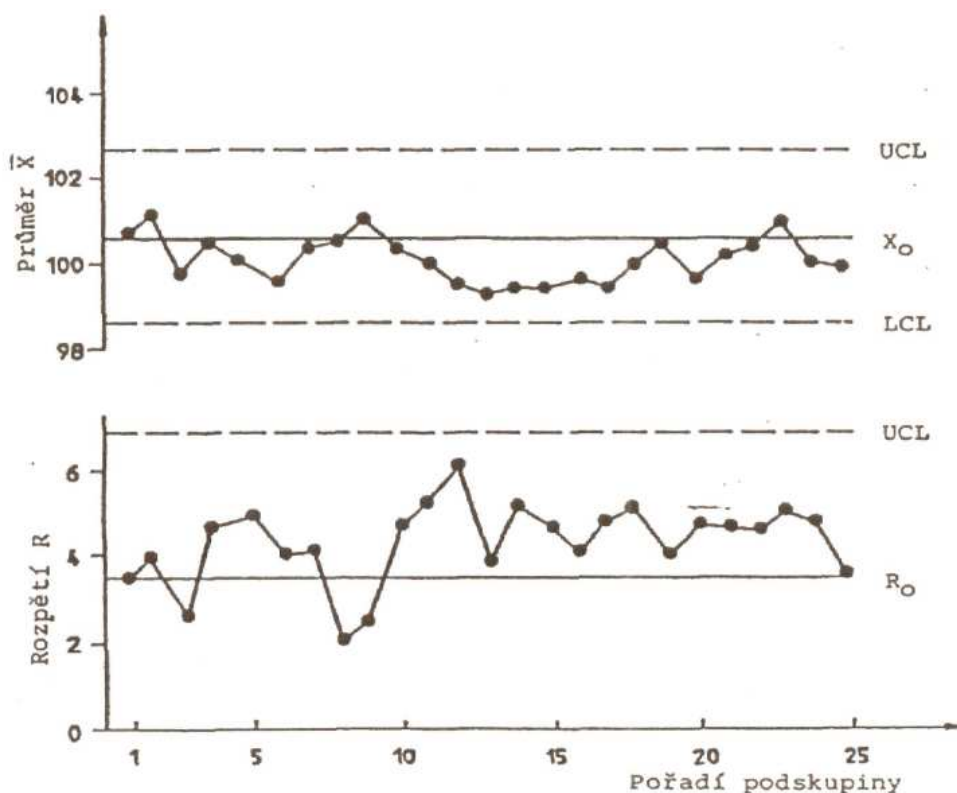


Obr. 14 Náčrtek regulačního diagramu [6]

Regulační meze se nazývají:

- dolní regulační mez (LCL)
- horní regulační mez (UCL)

SPC nelze využít na nestabilní a nezpůsobilý proces. Stabilita se ověří, tak že z náhodného výběru vytvoříme histogram a podle tvaru histogramu vyhodnotíme, zda je proces stabilní nebo na něj působí nežádoucí, rušivé vlivy. Pokud ano, musí se tyto vlivy odstranit.



Obr. 15 Regulační diagram pro průměr a rozpětí [6]

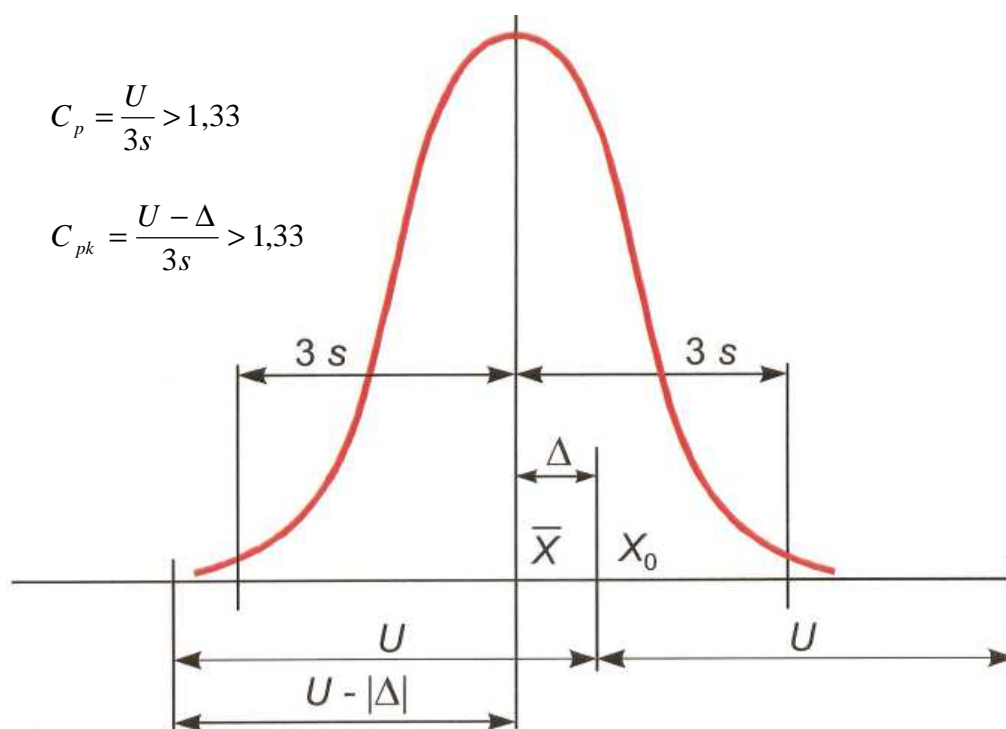
Při hodnocení způsobilosti procesu měření nás zajímá variabilita naměřených hodnot, způsobená procesem měření i systematická odchylka od skutečné hodnoty měřené veličiny. Ty se dají zjistit na základě měření na kontrolním etalonu.

Mírami způsobilosti procesu měření jsou indexy způsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$ . Jedná se o způsobilost procesu, nikoliv o způsobilost měřidla.

$$\text{Vypočítáme indexy způsobilosti } C_p \text{ a } C_{pk}. \quad C_p = \frac{2U}{6s} = \frac{U}{3s}$$

Index způsobilosti nabývá kladných hodnot. Je-li hodnota  $C_p < 1$ , měřicí proces není způsobilý. Pro  $C_p > 1$  můžeme mluvit o způsobilosti měřicího procesu plnit úkoly, pro které byl určený. V praxi se dá za minimální přípustnou hodnotu považovat  $C_p = 1,33$ , protože vždy existuje určité kolísání a měřicí proces není nikdy v dokonale statisticky zvládnutém stavu [2], [4], [6], [7].

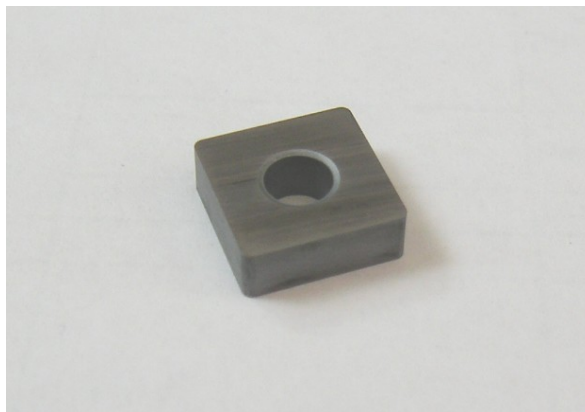
Pro posouzení vlivu systematické chyby se mohou použít další indexy, jedním z nich je index způsobilosti  $C_{pk}$   $C_{pk} = \min\left(\frac{(X_0 + U) - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - (X_0 - U)}{3s}\right)$ , kde je  $X_0$  nominální hodnotou etalonu,  $U$  stanovený požadavek na rozšířenou nejistotu procesu měření, nebo označíme-li:  $X_0 - \bar{X} = \Delta$  pak  $C_{pk} = \frac{U - \Delta}{3s}$ .



Obr. 16 Grafické zobrazení výpočtu indexu  $C_{pk}$  [6]

### 3 Návrh statistické regulace ve výrobě VBD

Firma Pramet Tools mi poskytla vzorky pro návrh a vyhotovení SPC. Bylo vyrobeno 60 ks brusných destiček typu SNMA 120408; H10 (výrobní zakázka viz. příloha č.1)



Obr. 3-1 Destička SNMA 120408; H10

Destičky typu SNMA 120408; H10 byly broušeny na brusce WBM



Obr. 3-2 Bruska WBM

#### Parametry brusky (technická data):

S x D x V (mm)	2030 x 3100 x 2200
Váha	6 000 kg
Připojovací napětí	85 kVA
Brusné vřeteno	210 mm
Průměrný počet otáček	750 ot/min
Průměr brusného kotouče	500 mm



### 3.1 Metodika měření

Cílem mé bakalářské práce je navrhnutí statistické regulace pro brusky WBM. Jedná se o výrobek – vyměnitelná břitová destička (VBD) typu SNMA 120408; H10, kde znak jakosti je sledován měřením. Znakem jakosti byla stanovena tloušťka VBD.

Na měření tloušťky destičky bylo použito zařízení Milimar C 1208 – elektronický přístroj pro měření a vyhodnocování tloušťky.



Obr. 3-3 Milimar C 1208

Vhodnost použitého měřidla a způsob měření byl ověřen analýzou systému měření (MSA).

Měření bylo provedeno třemi nezávislými osobami na deseti vzorcích, celé opakované 3x.

Touto metodikou byla zjištěna variabilita měřicího systému, jeho opakovatelnost a reprodukovatelnost.

$R+R < 10\%$  - měřidlo vyhovuje

## R&R Studies

Specification No.                       
Index                     

Part Name **SHMA 120408; H10**

Supplier **Pramet Tools, s.r.o.**

Einheit: **nm**  
Nominal Value = **4,6**  
Upper Specification Limit = **4,625**  
Lower Specification Limit = **4,575**

Name of Equipment:  
Cat1: **pracovnik 1**  
Cat2: **pracovnik 2**  
Cat3: **pracovnik 3**

Categories **3**  
Realizations **3**  
Parts **10**

	Cat.1: <b>pracovnik 1</b>			Cat.2: <b>pracovnik 2</b>			Cat.3: <b>pracovnik 3</b>		
part no.	value1	value2	value3	value1	value2	value3	value1	value2	value3
1	4,2544	4,2532	4,2534	4,2508	4,2522	4,2528	4,2528	4,253	4,2527
2	4,2507	4,2519	4,2541	4,2502	4,2515	4,2533	4,2523	4,253	4,2519
3	4,2515	4,2525	4,2551	4,2509	4,2514	4,253	4,2534	4,2541	4,2536
4	4,2504	4,2529	4,2537	4,2506	4,2519	4,2526	4,253	4,2534	4,2523
5	4,2542	4,2536	4,2534	4,2548	4,2507	4,2545	4,2541	4,2527	4,2547
6	4,2538	4,2544	4,2535	4,2538	4,2512	4,253	4,2533	4,2527	4,2534
7	4,2543	4,2536	4,2528	4,2548	4,2521	4,2526	4,2535	4,2545	4,2528
8	4,2564	4,2526	4,253	4,2548	4,2521	4,2521	4,2534	4,2524	4,2527
9	4,2528	4,2535	4,253	4,2538	4,2534	4,2526	4,2528	4,2541	4,2542
10	4,2536	4,2528	4,2543	4,2536	4,2517	4,2535	4,2534	4,2536	4,2535

s(Part Variation)= **0,0011**

Part Variation (PV)=		<b>0,0043</b>	
Total Variation (TV)=		<b>0,0063</b>	
Repeatability (Equipment)=		<b>0,0044</b>	<b>69,9%</b>
Reproducibility (Adapter, Operator)=		<b>0,0015</b>	<b>23,1%</b>
R&R=		<b>0,0046532</b>	<b>73,6%</b>

s(Equipment Variation)= **0,0011**  
s(Appraiser Variation)= **0,0004**

Repeatability (Equipment)=		<b>0,0044</b>	<b>8,8%</b>
Reproducibility (Adapter, Operator)=		<b>0,0015</b>	<b>2,9%</b>
R&R=		<b>0,0046532</b>	<b>9,3%</b>

measurement process **capable** R&R < 10 %  
check impact R&R < 30 %  
measurement process **not capable** R&R > 30 %

Obr. 3-4 MSA - analýza

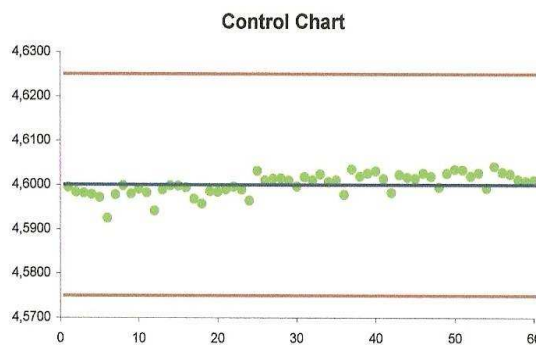
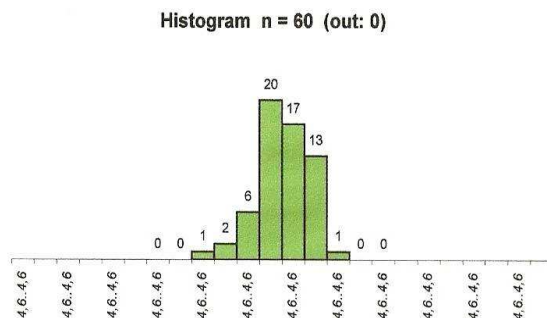
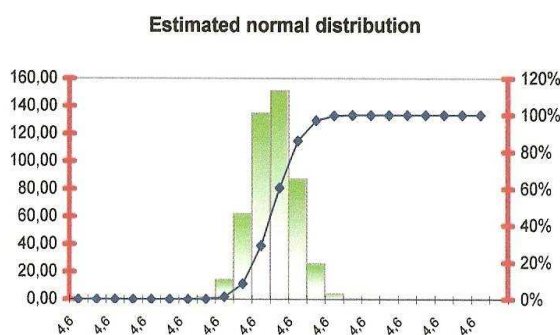
### 3.2 $C_{mk}$ – Metoda ověřování způsobilosti stroje

Metoda ověřování stroje je nejvíce používaná metoda ve výrobě. Ověřováním způsobilosti zjišťujeme, zda strojní zařízení je schopno vyrábět výrobky, které odpovídají daným požadavkům [5].

Specification No.            Index 1

Part Name: WBM2211

measured	measured
1 4,5995	51 4,6034
2 4,5984	52 4,6020
3 4,5982	53 4,6027
4 4,5979	54 4,5993
5 4,5972	55 4,6042
6 4,5925	56 4,6029
7 4,5978	57 4,6025
8 4,5999	58 4,6012
9 4,5980	59 4,6008
10 4,5991	60 4,6010
11 4,5983	61
12 4,5942	62
13 4,5989	63
14 4,5999	64
15 4,5998	65
16 4,5994	66
17 4,5969	67
18 4,5958	68
19 4,5986	69
20 4,5985	70
21 4,5990	71
22 4,5996	72
23 4,5990	73
24 4,5965	74
25 4,6032	75
26 4,6010	76
27 4,6014	77
28 4,6015	78
29 4,6010	79
30 4,5997	80
31 4,6018	81
32 4,6011	82
33 4,6024	83
34 4,6007	84
35 4,6011	85
36 4,5978	86
37 4,6036	87
38 4,6019	88
39 4,6026	89
40 4,6031	90
41 4,6014	91
42 4,5983	92
43 4,6023	93
44 4,6017	94
45 4,6015	95
46 4,6026	96
47 4,6019	97
48 4,5995	98
49 4,6026	99
50 4,6035	100



Připravil Hana Ptáčková, 12.5.2010

Nominal Value = 4,6  
Upper Specification Limit = 4,6250  
Lower Specification Limit = 4,5750

Cavity           

Kennzahlen:

X quer	4,5993
s	0,0025
min	4,5925
max	4,6042
class	0,0021

Cm	3,2696
Cmk	3,1803

Legend:

X quer : calculated average  
s : standard deviation (sample)  
sigma : standard deviation (Grundgesh.)  
min : measure value  
max : measured value  
class - delta in histogram

Cm : process capability (single sided)  
Cmk : process capability (two sided)

Obr. 3-5

$C_{mk}$  - analýza

### 3.3 Vyhodnocení

#### 3.3.1 Vyhodnocení MSA analýzy

Touto metodikou byla zjištěna variabilita měřicího systému, jeho opakovatelnost a reprodukovatelnost, viz obrázek 3-4 [9].

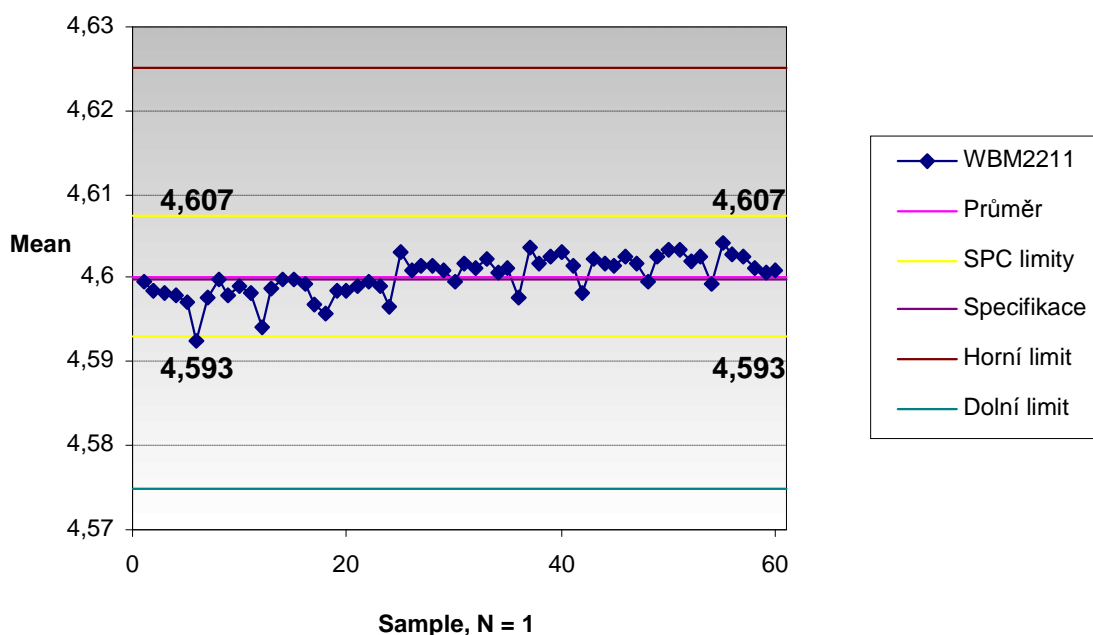
$R+R < 10\%$  - měřidlo vyhovuje

#### 3.3.2 Vyhodnocení $C_{mk}$

Hodnota  $C_{mk}$  je vyšší než 1,33 (3,1), způsobilost je vyhovující

### 3.4 Návrh SPC

- Způsob kontroly – měření
- Frekvence a četnost – z každé výrobní dávky, každý první kus a poté každý 400 kus (viz. příloha č. 3). Při menší výrobní dávce navrhuji měření prvního a posledního kusu.
- SPC limity byly spočítány v excelu v softwaru Win stat.



Obr. 3-6 SPC limity

### **Návrh SPC karty**

viz. příloha č. 3

## **4 Vyhodnocení navržené metody**

SPC bylo použito na stabilní a způsobilý proces. Provedli jsme regulaci tloušťky řezné destičky. Byla navržena SPC karta, spočítány kontrolní limity. Součástí SPC karty jsou i požadované reakce v případě překročení těchto řídicích limitů.

## 5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Modelová situace pro výrobní zakázku Pramet Tools s.r.o. (č. 1509928) využívá vyměnitelné břitové destičky typu SNMA 120408; H10 (viz příloha č. 1). Počet kusů ve výrobní zakázce byl stanoven na 60, s tím že v klecích se na zařízení brousilo vždy současně 6 ks. Na bruskách WBM (3. výrobní operace) zachytíme statistickou regulací procesu průměrně 20 zmetků s vadami různých typů, jak vyplývá ze sledování zmetkovitosti v posledních pěti letech. Tato zmetkovitost je evidována v ekonomickém systému SAP pod příslušnými kódy vad, které lze dále analyzovat, například pomocí Paretova kumulativního diagramu.

Standardní cena hotového výrobku (zde je cena uvažována jen jako vlastní náklady výroby) je 41,60 Kč/kus.

Pro kalkulaci nákladů (uvedeno níže) byla použita data z plánu pro rok 2010. Soupis nákladů jednotlivých obslužných středisek pro výrobu destičky typu SNMA 120408; H10, (viz příloha č. 2) bez uvedení operací předcházející operaci, která pojednána v této práci:

3. operace	3,23 Kč/ks	– broušení čela na WBM
4. operace	1,36 Kč/ks	– oboustranné zaoblení řezné hrany
5. operace	0,10 Kč/ks	– umývání
6. operace	0,28 Kč/ks	– statistická kontrola
7. operace	0,62 Kč/ks	– značení
8. <u>operace</u>	<u>0,51 Kč/ks</u>	<u>– balení</u>
	6,10 Kč/ks	x 61,61% náklady obslužných středisek čili fixní výrobní náklady pro rok 2010
	<u>+ 3,76 Kč/ks</u>	<u>– fixní náklady (výrobní režie)</u>
	9,86 Kč/ks	– celkové výrobní náklady (standardní cena)

$$20 \text{ ks} \times 9,86 \text{ Kč} = 197,20 \text{ Kč}$$

Na naší zakázce bychom ušetřili výrobní náklady ve výši 197,20 Kč, když vadu zachytíme již na 3. operaci – broušení čela na WBM – a nezatížíme zmetek náklady na další operace.

Modelových 20 ks zmetků jsme zvolili, protože ve firmě Pramet Tools, s.r.o. je normálně 5% zmetkovitosti, ale v některých případech může zmetkovitost stoupnout výše (náš případ je 33%), což znamená, že by při fungujícím SPC mohly být úspory ještě mnohem vyšší.

## 6 Použitá literatura

- [1] BLECHA, P.; VAVŘÍK, I.: *Jakost II - Řízení a zabezpečování jakosti – kapitola SPC* - Národní informační středisko pro podporu jakosti, Praha 2005.
- [2] ČSN ISO 8258. *Shewhartovy regulační diagramy*, 1994.
- [3] Internetové stránky firmy Pramet Tools s.r.o. – <http://www.pramet.com>.
- [4] CHALOUPKA J.: *Jednoduše kvalita* - Pre-press: Red Cat, Praha 8, ISBN 978-80-254-1346-3.
- [5] KUPKA K.: *Statistické řízení jakosti* - Trilobite Pardubice 1997, ISBN 80-238-1818.
- [6] PALENČÁR R., HALOJ M.: *Metrologické zabezpečenie systémov riadenia kvality* - STU Bratislava. 1998.
- [7] NENADÁL, J A KOL.: *Moderní systémy řízení jakosti* – Management Press, Praha 1998. 283 s. ISBN 80-8543-63-8
- [8] TOŠENOVSKÝ, J.; NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti* – Montanex Ostrava 2000. 360 s. ISBN 80-7225-040-X
- [9] Internetové stránky Measurement System Analysis. – <http://www.pqm.cz/msa.htm>.



Přílohy:

1. Výrobní zakázka + výkres řezné destičky
2. Soupis výrobních nákladů obslužných středisek
3. Návrh SPC karty